

Ю.А. Стрижакова,

*Т.В. Усова,

В.Ф. Третьяков

*РГУ нефти и газа им. М.И. Губкина

ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК СЫРЬЯ ДЛЯ ТОПЛИВНО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 662.67

Представлена информация о мировых ресурсах горючих сланцев и перспективных направлениях их использования. Показано, что горючие сланцы можно рассматривать в качестве альтернативного источника углеводородного сырья (моторное топливо, химические продукты).

Горючие полезные ископаемые составляют основу мирового топливно-энергетического комплекса, который в настоящее время базируется, главным образом, на нефти. В 2000 году ее потребление достигло 4 млрд. тонн в год, что составляет 40% от общего топливно-энергетического баланса. Остальные 60% восполняют уголь (25%), природный газ (25%), ядерная энергия (7%) и энергия водорода (3%) [1]. Прогнозируется ежегодное увеличение объема потребления на 2.0-2.5%. Однако, принимая во внимание темпы развития таких стран как Китай, Индия, Бразилия, которые в последние годы резко увеличили свои потребности в энергоносителях, интенсивность добычи будет возрастать в еще большей степени (в 2004 г. в Китае было добыто 175 млн. тонн сырой нефти, импортировано 117 млн. тонн, что составило 6.3 % мирового объема торговли нефтью, 23% от импорта США и 56% от нефтяного импорта Японии) [2]. При этом из потенциальных нефтяных ресурсов мира (246.5 млрд. т) уже добыто 110 млрд. т, а ежегодный прирост запасов не восполняет их убыль [2]. Кроме того, современные прогнозы показывают только постоянный рост цен на топливные ресурсы, особенно на нефть. И, надо отметить, такие прогнозы не могут предусмотреть климатические и политические составляющие, которые также приводят к резкому удорожанию топливно-сырьевых ресурсов.

Мировые нефтяные и газовые ресурсы неравномерно распределены на Земле: основная масса их залегает на территории стран Персидского залива (30% мировой добычи) и Северной Америки (20%); 15 – 20% приходится на другие регионы, такие как Россия, Иран, Китай, Норвегия, Мексика, Венесуэла, Англия. Многие страны лишены существенных запасов нефти и газа, однако обладают значительными запасами других горючих ископаемых – углей и горючих сланцев. В этих странах, например в Южной Африке, уголь широко используется в качестве основного энергетического и химического сырья.

Российская минерально-сырьевая база представляет собой фундамент жизнедеятельности государства. На протяжении долгих лет основную массу валютных поступлений составлял экспорт природных ресурсов страны. Основу современного российского экспорта продолжают составлять энергоносители и сырье (в 2002 г. их доля составила более 70%), которые стали определяющим источником бюджетных доходов страны. Такая «топливно-сырьевая специализация», которая вполне устраивает развитые страны-импортеры, приводит к негативным последствиям для экономики страны.

Известно, что все крупнейшие месторождения нефти России были введены в эксплуатацию еще в советские времена. В течение последних десяти лет велись работы лишь по интенсификации добычи на них, объем геологоразведочных работ сократился более чем в 4 раза, прирост разведанных запасов не компенсирует добычу, действующие месторождения выработаны более чем на 50%, доля трудноизвлекаемых запасов достигла 55%, обводненность добываемой нефти в целом по отрасли превышает 80%.

При этом, несмотря на то, что по потенциальным ресурсам углеводородов Россия занимает в мире место в десятке лидеров, активных запасов при существующих объемах добычи хватит по разным оценкам на 10-20 лет. Большая часть потенциальных ресурсов сконцентрирована в труднодоступных северных районах со сложными условиями эксплуатации и транспортировки, что многократно увеличивает их себестоимость. По прогнозам, вектор добычи будет постепенно сдвигаться на территории еще более удаленные как от основных районов внутреннего потребления, так и от традиционных экспортных рынков сбыта, что также требует сооружения масштабной транспортной инфраструктуры. Значительная часть новых месторождений находится на территории с исключительно тяжелыми природными условиями, что приведет к еще большему удорожанию их разработки. В настоящее время в мире отсутствует опыт добычи нефти в таких природных условиях. В дополнение следует отметить, что на комплексную подготовку (разработку и создание инфраструктуры) нового месторождения к добыче требуется около 10 лет.

Таким образом, высокая доля нефти, нефтепродуктов и газа в экспорте и внутреннем рынке страны ставит экономику России в зависимость от мировой конъюнктуры цен на эти товары. Очевидно, что сохранение такой односторонней направленности ведет к замедлению темпов экономического роста страны, постепенному отставанию от других стран в области научно-технического прогресса (для сравнения - при наличии крупной научной базы в настоящее время Россия занимает на мировом рынке наукоемкой продукции лишь 0.3 %, в то время как доля США составляет 36%, Японии – 30%) и эффективности производства, а, следовательно, и к утрате способности к самостоятельному развитию.

В таких условиях решающее значение приобретает стратегия социально-экономического развития на длительную перспективу, т.е. ориентирование на более

рациональное использование сырьевых, производственных и финансовых ресурсов, реализация имеющегося научно-технического потенциала и освоение высоких технологий.

Вовлечение в топливный баланс местных топлив – горючих сланцев и углей – одно из направлений стабилизации функционирования региональных теплоэнергетических комплексов страны. Кроме того, развитие регионального топливного комплекса позволит избежать зависимости от нестабильности поставок топливной отрасли, сохранить и создать дополнительные рабочие места.

В стратегическом отношении вовлечение местных топлив повышает эффективность использования традиционных топливных ресурсов (качественные угли, нефть, газ), запасы которых ограничены. Именно поэтому это направление в последнее время все чаще можно встретить в программах развития, как отдельных регионов, так и ряда стран. Так, например, одним из направлений долгосрочной целевой программы республики Беларусь по обеспечению не менее 25% объема производства электрической и тепловой энергии за счет использования местных топлив и альтернативных источников энергии на период до 2012 года, является проведение НИОКР в области разработки технологии использования горючих сланцев и горючих отходов в энергохимическом производстве, газификации и сжигания бурых углей месторождений республики и т.п.

В качестве альтернативных источников углеводородного сырья могут рассматриваться природный газ и твердые горючие ископаемые – уголь и горючие сланцы. В мировом опыте имеются примеры решения подобных проблем: производство синтетических топлив из синтез-газа, полученного газификацией бурых углей в ЮАР (заводы «Сасол-1», «Сасол-2» и «Сасол-3»), переработка горючих сланцев месторождения Ирати в Бразилии (процесс «Петросикс»), переработка горючих сланцев провинции Фушунь, КНР, комплексная переработка горючих сланцев в Эстонии.

Горючие сланцы, разведанные запасы которых в России и за рубежом очень велики (табл.1-3), среди известных источников твердых горючих ископаемых заслуживают особого внимания. Одним из основных преимуществ горючих сланцев перед другими видами твердых горючих ископаемых, является высокое атомное соотношение Н/С в их органической массе, равное в некоторых случаях 1.7 (нефть 1.9; уголь 0.4-0.5), а также уникальный состав органического вещества, позволяющий получать на их основе широкий спектр химической продукции, в том числе

моторных топлив и высококачественных смазочных масел.

В 1990 г. специалистами института товароведения и университета г. Болоньи (Италия) при проведении анализа стратегического значения технологий производства синтетических топлив был выполнен сравнительный анализ запасов углеводородного сырья в различных регионах мира (табл. 2), исходя из которого можно сделать вывод, что потенциальные запасы сланцевой смолы как минимум в 5 раз превышают запасы нефти.

Таблица 1. Мировые извлекаемые запасы энергоресурсов на начало 1979 г., млрд. т. усл. топлива [3].

| Углеводороды | Доказанные запасы | Потенциальные ресурсы | Всего |
|--|-------------------|-----------------------|--------|
| Нефть | 128.3 | 305.3 | 433.6 |
| Сланцевая смола и нефть из битуминозных песков | 124.3 | 531.3 | 655.6 |
| Газовый конденсат | 9.5 | 16.7 | 26.2 |
| Всего жидких углеводородов | 262.1 | 853.3 | 1115.4 |
| Природный газ | 88.9 | 230.4 | 319.3 |

Таблица 2. Запасы топлива в различных регионах мира [4, 5].

| Регион | Нефть, 10^9 баррель | Газ, 10^{12} м^3 | Уголь, 10^9 т | | Сланцы (смола), 10^9 баррель | Нефтяные пески (смола), 10^9 баррель |
|-------------------|-----------------------|----------------------------|------------------|----------------|--------------------------------|--|
| | | | Антрацит и битум | Бурый и лигнит | | |
| Европа | 14 | 5 | 34+30 | 64+37 | 50-100 | - |
| СНГ | 59 | 45 | 102 | 136 | 3500 | 1000 |
| Африка | 60 | 8 | 62 | | 100 | - |
| Средний Восток | 662 | 38 | - | - | 50 | - |
| Юго-Восток | 18 | 6 | - | - | 20 | - |
| Китай | 24 | 1 | 152 | 14 | 30-170 | - |
| Индия | 8 | 1 | 60 | 2 | - | - |
| Австралия | 2 | 1 | 45 | 45 | 60 | - |
| Мексика | 52 | 2 | 1 | 1 | - | - |
| США | 34 | 5 | 130 | 130 | 2000-8000 | 175 |
| Канада | 8 | 3 | - | 3 | 50-160 | 1400 |
| Латинская Америка | 70 | 5 | 13 | 3 | - | 2000 |
| Всего | 1011 | 120 | 599+30 | 398+37 | 5860 - 12160 | 4575 |

Таблица 3. Энергетические ресурсы мира, $1,67 \times 10^{11}$ бар. у. т. [6].

| Сырая нефть | Природный газ | Горючие сланцы | Уголь | Нефтяные пески | Уран | Дейтерий |
|-------------|---------------|----------------|-------|----------------|-------------------|-------------------|
| 37.0 | 19.6 | 79.0 | 320.0 | 6.1 | 1.2×10^5 | 7.5×10^9 |

Как видно, мировые запасы горючих сланцев в переводе на нефтяной эквивалент существенно больше запасов нефти и природного газа. По некоторым оценкам

мировых запасов нефти и газа, при сохранении современных уровней добычи и потребления, хватит на 70 лет, а сланцевой «нефти» - на 150-170 лет.

Исходя из разведанных запасов сланцев, этот срок увеличивается в несколько раз [7]. Автор [8], анализируя обеспеченность нефтяными ресурсами при сохранении темпов добычи, приводит усредненное значение в 48.3 года (табл. 4). В [9] при оценке имеющихся мировых энергетических ресурсов, приводится соотношение добычи нефти к имеющимся ресурсам, которое составляет 41 год (табл. 5).

Отсутствие данных о ежегодной добыче горючих сланцев не позволяет с определенной точностью рассчитать подобным образом обеспеченность этим видом ресурсов. Однако, ориентируясь на равнозначный порядок запасов сланцев и угля, и, принимая уровень добычи, равным ежегодной добыче угля, можно приблизительно оценить этот срок в 200 лет.

Таблица 4. Запасы и относительные темпы добычи нефти [8].

| Страна, континент | Запасы, % от мировых | Обеспеченность, лет (отношение количества запасов к годовой добыче) |
|-------------------|----------------------|---|
| Россия | 13.9 | 71.0 |
| Европа (без РФ) | 1.9 | 9.0 |
| Азия (без РФ) | 62.6 | 74.0 |
| Африка | 6.6 | 28.0 |
| Америка | 14.6 | 27.0 |
| в том числе США | 1.9 | 9.4 |
| Австралия | 0.4 | 16.0 |
| В целом по Земле | 100 | 48.3 |

Таблица 5. Мировые энергетические ресурсы по данным на 1998 год [9].

| Углеводороды | Мировые ресурсы, млрд. т | Ежегодная добыча, млрд. т | Обеспеченность, лет (в расчетах использовались величины, переведенные в ед. усл. топлива) |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|---|
| Уголь | 486 | 2.2 | 218 |
| Нефть | 143 | 3.5 | 41 |
| Природный газ | 132 | 2.0 | 63 |
| Горючие сланцы [10] | 411 | - | - |

Таким образом, следует отметить несомненную значимость горючих сланцев как мощного резервного источника энергетического сырья, мировые потенциальные запасы в виде смолы термического разложения которых, согласно прогнозам, могут компенсировать возникающий дефицит энергоресурсов и удовлетворить потребность в энергии.

Из сравнительной характеристики твердых горючих ископаемых следует, что горючие сланцы относятся к наиболее богатым источникам химического сырья (табл. 6). Высокое содержание в них летучих веществ при относительно малом содержании нелетучей горючей массы в остатке является основой для получения не только энергии, но и синтетических жидких топлив. Горючие сланцы среди всех известных твердых горючих ископаемых занимают особое место, поскольку

представляют собой сложный органо-минеральный комплекс. Соотношение органического вещества и минеральной массы в сланцах чаще всего составляет 1:4 или 1:3, реже 1:2 и 1:1, использование их сопряжено с определенными техническими и иногда экологическими трудностями.

В 1944 г. в Энергетическом институте им. Г.М. Кржижановского АН СССР (ЭНИН) под руководством д.т.н. И.С. Галынкера были начаты исследования по использованию пиролиза бурых углей, торфов и горючих сланцев. В 50-е годы был разработан новый способ технологической переработки сланцев, названный «Галотер» [11]. Для нагрева сланцевого сырья по этой технологии в качестве твердого теплоносителя стали использовать собственную горячую золу сланца. Сырьем установок с твердым теплоносителем (УТТ) являются мелкозернистые фракции

сланца (сланцевая мелочь) с размерами частиц 0-25мм, что составляет 60-70% от общего количества добычи. Позднее

зарубежные фирмы («Госко», США, «Лурги», Германия) запатентовали свои аппаратные версии этого процесса.

Таблица 6. Характеристика твердых минеральных топлив [4].

| № п/п | Показатели | Виды топлив | | | | |
|-------|---|-------------|----------------|-------------|------|----------------|
| | | Антрацит | Каменный уголь | Бурый уголь | Торф | Горючие сланцы |
| 1 | Удельная теплота сгорания, МДж/кг | 28.09 | 30.56 | 14.6 | 11.9 | 11.1 |
| 2 | Содержание органических веществ, % | 85 | 75 | 60 | 58 | 32 |
| 3 | Выход летучих (смолы и газа к горючей массе), % | 5 | 30 | 40 | 70 | 80 |

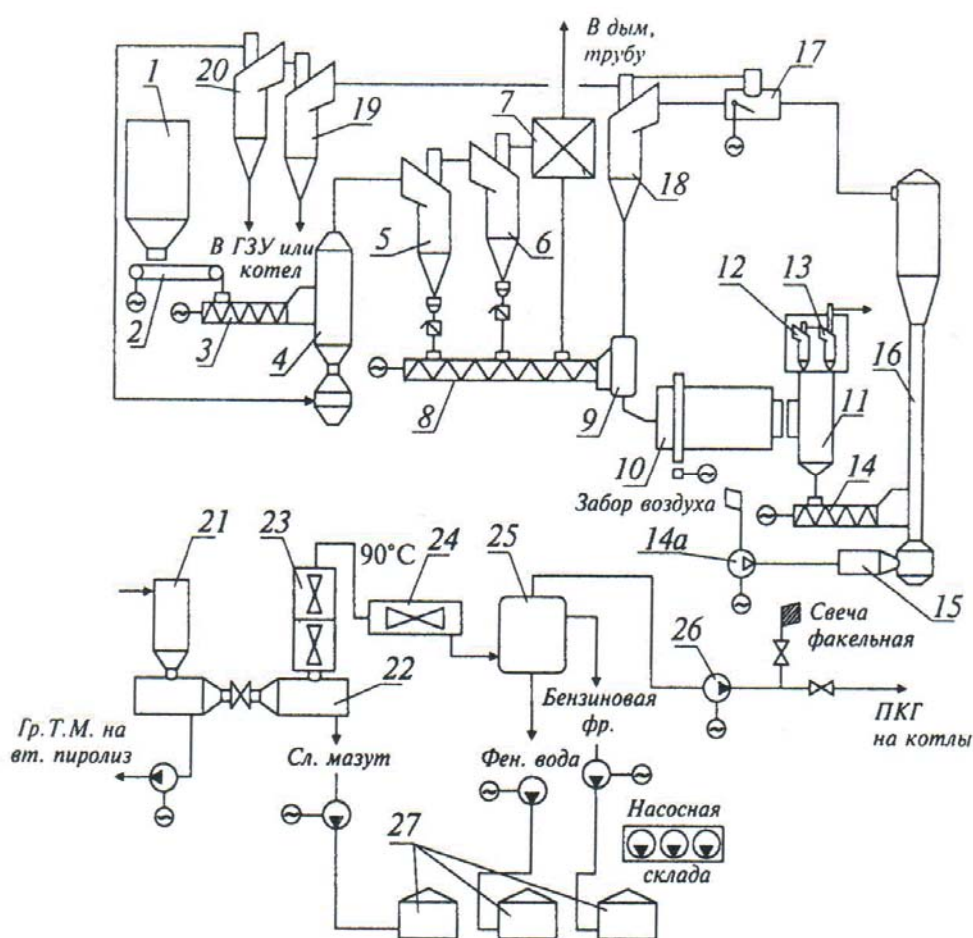


Рис.1. Принципиальная схема установки с твердым теплоносителем для переработки горючих сланцев УТТ (процесс «Галотер»):

1- бункер сырого сланца; 2- питатель (конвейер) сырого сланца; 3- шнек сырого сланца; 4- АФС; 5- ЦСС первой ступени; 6- ЦСС второй ступени; 7- бат. циклон или рук. фильтр; 8- шнек сухого сланца; 9- смеситель; 10- бар.реактор; 11- пыл. камера; 12- циклон парогазовой смеси первой ступени; 13- циклон парогазовой смеси второй ступени; 14- шнек полукокса; 14а- нагнетатель воздуха; 15- топка розжига; 16- АФТ; 17- байпас теплоносителя; 18- циклон теплоносителя; 19- зольный циклон первой ступени; 20 – зольный циклон второй ступени; 21- скруббер; 22- барельет; 23 – воздушный холодильник тяжелых и средних фракций; 24- воздушный холодильник бензиновых фракций и подсмольной воды; 25- сепаратор; 26- газодувка; 27 – металлический резервуар.

Разработка процесса пиролиза и его аппаратного оформления потребовала многолетних исследований и испытаний в лабораторных условиях, на пилотных и демонстрационных установках. Были исследованы процессы переработки горючих сланцев бывшего СССР, в том числе и высокосернистые сланцы Поволжья, и некоторых зарубежных месторождений. С 1946 по 1994 г.г. работы по созданию процесса «Галотер» (рис. 1) проводились под руководством Б.И. Тягунова и В.И. Чикула. Первая пилотная установка мощностью 2.5 т/сутки была построена в 1947 г. и работала до 1952 г. в г. Таллинне на заводе «Ильмарине». На основе этой установки было смоделировано практически все основное оборудование УТТ-200.

В конце 70-х г.г. в г. Кивиыли была создана установка (производительность 15 кг/ч) по сланцу, на которой был тщательно отработан режим пиролиза, а полученные результаты были использованы

при совершенствовании и создании УТТ-500 и УТТ-3000 [11].

На сегодняшний день Эстония располагает самым крупным в мире сланцеперерабатывающим комбинатом в г. Кохтла-Ярве – RAS «Kiviter», сланце-химическим заводом в г. Кивиыли - RAS «Eesti Kivioeli» и объединением АО «Нарвские электростанции». Последнее включает в себя две электростанции Балтийскую и Эстонскую, а также завод масел. Балтийская и Эстонская электростанции являются крупнейшими в мире электростанциями, работающими на горючем сланце. В состав завода масел входит две установки УТТ-3000, на которых производятся сланцевые топливные масла различных фракций и высококалорийный коксовый газ, а также технологическая установка по производству дорожного битума. Применяемая технология позволяет перерабатывать также резиновую крошку, органические отходы нефти и масел.

Таблица 7. Технологические параметры УТТ-3000 [12].

| Наименование | | Расчетные значения | Фактические значения |
|---|--|--------------------|----------------------|
| Производительность, тонн/ч | | 139 | 110 – 130 |
| Потребление электроэнергии, МВт/ч | | 4.5 | 4.4 |
| Выход по Фишеру, % | | 76.9 | 73-78 |
| Продукты пиролиза на 1 тонну сухого сланца, кг/т | Суммарная сланцевая смола | 147.8 | 135 – 150 |
| | Газовый бензин | 9.0 | 10 - 12 |
| | Газ полукоксования | 50.7 | 44.1 – 50.0 |
| | Подсмольная вода | 23.1 | 23.5 – 31.0 |
| | Полукок для «дожига» в аэрофонтанной топке | 769.4 | Нет данных |
| Расход воздуха для сжигания полукокса в аэрофонтанной топке, м ³ /т при н.у. | | 60000 | 52000 – 58000 |
| Объем зольного остатка, удаляемого из установки, т/ч | | 82.7 | Нет данных |
| Качество перерабатываемого горючего сланца | Фракционный состав, мм | 0 – 25 | 0 – 35 |
| | Теплотворная способность, кДж/кг | мин. 8800 | 7920 – 10730 |
| | Влажность, % | макс. 12.4 | 10 – 12 |
| Максимальное значение теплотворной способности суммарной сланцевой смолы, кДж/кг | | 38000 | 38000 |
| Минимальное значение теплотворной способности газа полукоксования, кДж/кг | | 41020 | 39600 |
| Содержание органического вещества в зольном остатке, ТОС % | | Нет данных | 1.2 – 2.5 |

В настоящее время функционируют две установки УТТ-3000 в г. Нарва на Эстонской электростанции (табл. 7). Согласно оценке [12] в 2002 г. количество смолы, полученной на двух агрегатах УТТ-3000 составило 60-70% от суммарного потребления сланцевой смолы в Эстонии. УТТ, используемые в Эстонской сланцеперерабатывающей промышленности зарекомендовали себя как экономически рентабельные и экологически приемлемые,

удовлетворяющие современным природоохранным нормам.

По запасам горючих сланцев Россия занимает одно из первых мест в мире и обладает большим опытом и огромным запасом знаний в области технологии переработки и применения этих видов ресурсов.

Значительные сланцевые месторождения имеются в Волжском, Прибалтийском (Ленинградская обл.), Оленекском, Синско-Ботомском и Вычегодском бассейнах (табл. 7).

Таблица 7. Геологические ресурсы горючих сланцев и сланцевой смолы России, млн. т [13].

| Бассейн | Ресурсы горючих сланцев | Ресурсы сланцевой смолы |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Прибалтийский (российская часть) | 10246.7 | 1386.2 |
| Тимано-Печорский | 4888.0 | 351.4 |
| Вычегодский | 58105.8 | 4590.0 |
| Центральный | 59.6 | 5.4 |
| Волжский | 25822.4 | 2805.5 |
| Южно-Уральский | 47.55 | 2.8 |
| Оленекский | 380000.0 | 19000.0 |
| Синско-Ботомский | 220000.0 | 5500.0 |
| Иркутская обл. и Забайкалье | 111.7 | 60.5 |
| Всего | 700288.85 | 33701.8 |

До настоящего времени разрабатывались лишь два российских месторождения: Ленинградское (Прибалтийский бассейн, г. Сланцы) и Кашпирское (Волжский бассейн, г. Сызрань). На базе этих месторождений были построены сланцеперерабатывающие комбинаты в г. Сызрань (Самарская обл.) и г. Сланцы (Ленинградская обл.) в 1932 и 1952 г.г., соответственно.

В 1993-96 г.г. был разработан проект создания в России энерготехнологического комплекса для глубокой переработки сланца в синтетическую нефть, газ и электроэнергию. В 1994 г. на основе опыта промышленной эксплуатации УТТ, АО «Ленинградсланец» совместно с рядом проектных организаций было разработано технико-экономическое обоснование строительства энерготехнологического комплекса в г. Сланцы для переработки сланца Ленинградского месторождения в установках с твердым теплоносителем [4, 14] (рис. 2). Переработка сланца предусматривается в трех установках с

твердым теплоносителем производительностью по сырому сланцу 3000 тонн в сутки. Основные продукты переработки - сланцевый мазут, высококалорийный полукоксовый газ и сырой сланцевый бензин. Отходами производства являются дымовые газы и сланцевая зола. Полукоксовый газ и сырой сланцевый бензин предназначены для использования в качестве топлива на собственной тепловой электрической станции установленной мощностью 136 МВт. Сланцевый мазут и электроэнергия напряжением 110 кВ с частотой 50 Гц являются основными товарными продуктами. Сланцевый мазут является аналогом нефтяных мазутов марок М40 и М100 с несколько меньшей теплотой сгорания, но с лучшими потребительскими качествами, такими как температура застывания, вязкость, содержание влаги и механических примесей, серы. Годовой объем реализуемой основной продукции по проекту составляет 285300 тонн сланцевого мазута и $6.06 \cdot 10^8$ кВт·ч электроэнергии.

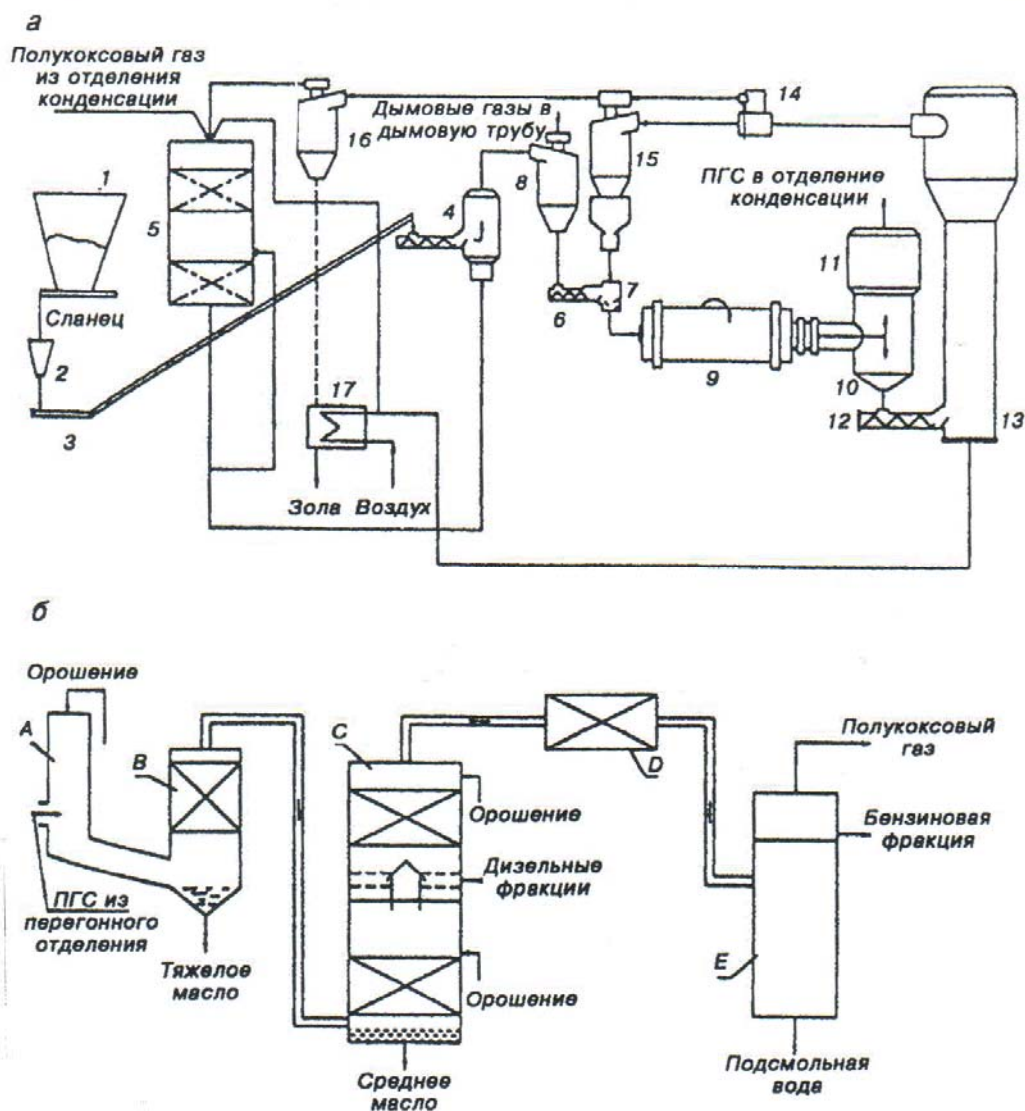


Рис.2. Принципиальная схема энерготехнологической установки:

а- схема перегонного отделения: 1- бункер; 2- дробилка; 3- транспортер; 4- аэрофонтанная сушилка; 5- котел-утилизатор; 6- шнековый питатель; 7- смеситель; 8- циклон; 9-реактор-пиролизер; 10- осадительная камера; 11- очистка парогазовой смеси; 12- шнековый питатель; 13- аэрофонтанная топка; 14- разделительное устройство; 15- циклон теплоносителя; 16- циклон; 17- теплообменник зольный;

б – схема отделения конденсации: А- скруббер, В, D- охладители; С- ректификационная колонна; Е- сепаратор.

Также проектом предусмотрена техническая возможность увеличения объема переработки сланца до 4.5 млн. тонн в год [4]. На УТТ-3000 возможна утилизация органических отходов (резинотехнические изделия, замазученный грунт и т.п.) с соответствующим увеличением выработки мазута и электроэнергии. К вспомогательной реализуемой продукции относятся очищенная шахтная вода, известняковый щебень, облицовочная плитка и другие строительные материалы

из отходов производства и попутно добываемого сырья. По мнению специалистов, себестоимость получаемой синтетической нефти составит минимально – 45.8, максимально – 97.1 долларов США за тонну, а полукоксового газа – 6.3 – 13.2 долларов США за 1000 м^3 . Срок окупаемости проекта с начала строительства – 6.8 лет.

В 1996 году проект был включен в федеральную программу «Топливо и энергия», в 1997 году был издан приказ

Минэнерго о выделении средств на строительство. Однако, последовавшие экономические события: нефтяной кризис, обвал в промышленности, дефолт, дефицит бюджета и т.п., не позволили начать строительство.

Горючие сланцы Волжского бассейна, в отличие от ленинградских сланцев, характеризуются высоким содержанием сернистых соединений. Поэтому основным вопросом при выборе процесса их переработки является комплексное использование горючих сланцев, включая утилизацию серы.

В работе [11] по данным НТЦ «Экосорб», рассмотрена возможность переработки горючих сланцев Кашпирского месторождения

на УТТ-500. Показано, что при переработке рядового сланца с содержанием условной органической массы 33.0%, промышленный выход суммарной сланцевой смолы составит 8.8% на сухую массу сланца, а выход газа полукоксования 50-60 нм³/т сланца.

На основании проведенных исследований была разработана принципиальная схема переработки сланцев Кашпирского месторождения с использованием УТТ-500 (рис. 3), внедрение которой на Сызранском сланцеперерабатывающем заводе, по мнению разработчиков, позволит значительно снизить себестоимость выпускаемой продукции и сократить количество вредных веществ до допустимых пределов.

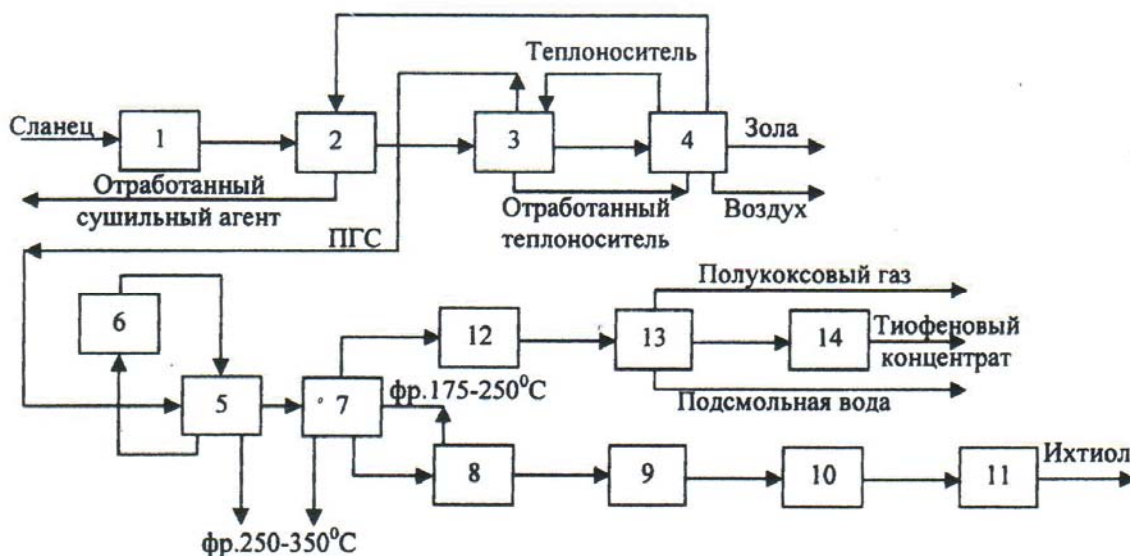


Рис.3. Принципиальная схема термической переработки высокосернистых горючих сланцев: 1- дробление; 2- сушка; 3- пиролиз (барабанный реактор); 4- приготовление теплоносителя (аэрофонтанная топка); 5- первая стадия конденсации парогазовой смеси – скруббер-стояк; 6- оросительный холодильник; 7- вторая стадия конденсации парогазовой смеси – ректификационная колонна; 8- смешение; 9- очистка; 10- сульфирование; 11- нейтрализация; 12- третья стадия конденсации легких фракций парогазовой смеси; 13- сепарация; 14- ректификация.

Кроме того, при применении данной технологии, отпадает необходимость дополнительной обработки и разделения получаемой суммарной сланцевой смолы, а такая организация производства позволит выпускать не только традиционные товарные продукты, но также бензиновые фракции и газовый бензин, которые могут быть использованы для получения соединений тиофенового ряда (содержание

тиофеновых соединений в легких и средних фракциях смолы – 30-35%). Если получение высококачественных топлив требует дополнительных затрат на гидроочистку, то выделение продуктов тиофенового ряда не только компенсирует капитальные затраты на производство, но и позволит добиться значительной коммерческой эффективности предприятия в целом. Так, например, при объеме

переработки 100 тыс. т/год, суммарное производство сланцевой смолы составит более 6000 т/год. Из этой смолы можно выделить: 1940 т натрий-ихтиола, 650 т ихтиола медицинского, 650 т пластификатора и 3400 т мастики. При этом можно получить около 50 т тиофена и 150 т метилтиофенов [11]. Стоимость тиофенов – ценных соединений, используемых в медицине, ветеринарии, различных отраслях промышленности и сельского хозяйства – на мировом рынке от 100 до 1000 долларов США за 1 кг при их возрастающем дефиците.

Таким образом, совокупность различных факторов: увеличивающаяся потребность в дополнительных источниках углеводородного сырья; наличие огромных ресурсов горючих сланцев; ориентирование на обеспечение энергетической безопасности; накопленный опыт и новые возможности современных технологических процессов переработки и конкурентоспособность продуктов сланцехимии, показывают возможность восстановления сланцеперерабатывающей промышленности в России.

ЛИТЕРАТУРА:

1. G.Mamdouh. //Applied energy. – 2003. – Vol. 75 – P.33-42.
2. В.И.Старостин. //Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т.7, №6. – С.48-55.
3. Ю.В.Поконова, В.С.Файнберг. //ВИНИТИ. Итоги науки и техники. Сер. Технология органических веществ». 1985. – Т.10. – 320 с.
4. С.Л.Климов, Г.Б. Фрайман, Ю.В.Шувалов, Г.П. Грудинов. Комплексное использование горючих сланцев. – Москва, 2000. – 184 с.
5. Обзор исследовательских и опытных работ в области использования горючих сланцев за рубежом. – Кохтла-Ярве: НИИ Сланцев, 1995. – 145 с.
6. Ayhan Demirbas. //Energy Conversion and Management. – 2002. – Vol. 43. – P. 1091-1097.
7. А.И.Блохин, С.В.Онуфриенко, М.С.Петров, Г.П.Стельмах, А.В.Склярков. //Журнал Энергетик. – 2004. – №8. – С.5-9.
8. Л.В.Оганесян. //Известия секции наук о Земле РАЕН. – 1999. – Вып. 2. – С.5-11.
9. Boris Alpern, M.J. Lemos de Sousa. //International Journal of Coal Geology. – 2002. – Vol. 50 – P. 3-41.
10. Adnon Al-Narahshen, Awni Y.Al-Otoom, Reyad A. Shawabken. //Energy. – 2005. – Vol. 30 – P. 2784-2795.
11. А.И.Блохин, М.И.Зарецкий, Г.П.Стельмах, Т.С.Эйвазов. Новые технологии переработки высокосернистых сланцев. – М.: Светлый стан, РАН, 2001. – 192 с.
12. N.Golubev. //Symposium on Oil Shale. – 2002. – P. 98.
13. Справочник Минерально-сырьевая база угольной промышленности России (состояние, динамика, развитие). – М.:МГУ, 1999. – Т.1. – С. 451.
14. Э.П.Волков, Д.Ю.Жогин, М.С.Петров, О.П.Потапов, Г.П.Стельмах. //Известия Академии наук. Энергетика. – 1996 г. – №1. – С. 3-13.